

**Sammendrag:**

# Hva koster et forsinket godstog? Anvendelse av nyere forskningsresultater

TØI rapport 1250/2013  
Forfattere: Askill Harkjerr Halse og Marit Killi  
Oslo 2013 45 sider

---

*Verdien av mer pålitelig transport av gods på jernbane kan beregnes ved å se på enhetsverdier knyttet til kostnadene ved forventet (gjennomsnittlig) forsinkelse. I denne rapporten går vi gjennom, sammenlikner og diskuterer resultatene fra våre to stated preference-studier (SP) gjennomført blant godskunder. Vi finner at resultatene er både rimelige og konsistente. Vi klargjør hvordan de beregnede verdiene kan anvendes i brukerstøtteverktøyet utviklet i dette prosjektet og tradisjonell nyttekostnadsanalyse av store infrastrukturprosjekter. Vi diskuterer også hvordan nytten av pålitelighet relatert til lavere transportkostnader skal inkluderes i beregningene, og ser videre på noen nyere, internasjonale erfaringer på dette området.*

## Bakgrunn

Denne rapporten er en del av forskningsrådsprosjektet: ”Punktlighetsforbedring for godstransport på bane gjennom beslutningsstøttesystem basert på samfunnsøkonomiske kostnader” (PUSAM). Prosjektet har hatt som formål å utvikle en metodikk og et beslutningsstøttesystem som kan synliggjøre kvalitetsbrister i jernbanetransporten, og tallfeste effektene i tid og kroner. Vi ønsket å utvikle verktøy til hjelp for både togoperatører og infrastrukturere i beslutningsprosesser knyttet til jernbanedrift og -planlegging. Verktøyet skal gi grunnlag for beslutninger som påvirker graden av pålitelighet og være basert på økonomiske beregninger.

Det er stor enighet om at nytten av økt pålitelighet bør inkluderes i nyttekostnadsanalyser av infrastrukturprosjekter på lik linje med de tradisjonelle nytteberegningene for spart transporttid. Dette er spesielt viktig i PUSAM-prosjektet, der vi har utviklet et brukerstøtteverktøy for å se på hvordan forbedringstiltak kan øke påliteligheten på kort sikt, basert på detaljert statistikk som beskriver hvordan jernbanenettverket fungerer. For mindre forbedringer kan det vise seg at effekten på påliteligheten kan bli betydelig større enn effekten på den planlagte transporttiden, siden rutetabellene ofte er faste i disse tilfellene. Problemstillingene vi berører i denne rapporten, er imidlertid også svært relevante for tradisjonell nyttekostnadsanalyse av store infrastrukturprosjekter.

I denne rapporten har hovedfokuset vært på verdsetting av økt pålitelighet knyttet til godstransport på jernbane. Vi har tidligere gjennomført to stated preference-studier (SP-studier) for å se nærmere på verdien av spart transporttid og økt pålitelighet for gods. I den første studien var alle typer transportmidler inkludert, i den andre så vi kun på transport på jernbane. Dataene kan analyseres ved å bruke ulike modeller med forskjellige mål på pålitelighet. I denne rapporten har vi i hovedsak sett på forventet (eller gjennomsnittlig) forsinkelse. Vi bruker *forventet forsinkelse* fordi det er snakk om forventningsverdien til en statistisk fordeling.

Bruken av forventet forsinkelse som mål på pålitelighet i samfunnsøkonomiske beregninger bygger på en antakelse om at verdsetningen er proporsjonal med den forventete forsinkelsen. Denne antakelsen innebærer at kostnaden øker lineært i takt med lengden på forsinkelsen og med den faktiske sannsynligheten for forsinkelse. Dette kan synes som en restriktiv antakelse, men den gjør beregningene relativt sett enklere. Vi vil likevel understreke at *forventet forsinkelse* ikke betyr at forsinkelsen er kjent på forhånd eller at den alltid er av en viss lengde. Kostnadene ved at transportene er upålitelige skyldes nettopp at forsinkelsene er usikre og de problemene denne usikkerheten skaper for brukerne av nettverket.

## Erfaringer internasjonalt

Nytten av redusert transporttid, og økt pålitelighet, blir ofte delt inn i to komponenter:

1. Nytte knyttet til lavere transportkostnader, på grunn av mer effektiv bruk av rullende materiell og personell, mindre administrasjon osv.
2. Nytte direkte knyttet til varene, det vil si nytte for samfunnet av at varene er kortere tid på transportmiddelet eller ankommer til rett tid med større sikkerhet.

VTI i Sverige har nylig hatt en gjennomgang av nåværende praksis knyttet til nyttekostnadsanalyse i Sverige, Nederland, Tyskland og Storbritannia. Denne viser at det kun er i Sverige og Nederland at den andre nytteeffekten nevnt ovenfor blir inkludert i verdsetting av transporttid. I Nederland er det nylig gjennomført en stor stated preference-studie der begge nytteeffektene blir forsøkt beregnet ved deltakernes verdsetting av endret transporttid og pålitelighet. Resultatene fra studien er ventet å foreligge om kort tid.

Nyere forskning i Sverige (Vierth I, 2012), anbefaler å se nærmere på komponenten (1.) over, altså nytteeffekten knyttet til varene ved verdsetting av redusert transporttid. Denne kan videre deles inn i (A) nytte av at varene er kortere tid ute av produksjon ved kortere transporttid og (B) nytte relatert til lavere lagerkostnader og risiko for at det blir tomt for varer. I Norge og Sverige har man brukt den nasjonale godsmodellen for å beregne effekten av (A), mens man så langt i stor grad har ignorert effekten av (B). Godsmodellen gir generelt svært moderate verdier for redusert transporttid. I Sverige kompenseres de dette ved at verdiene som brukes i nyttekostnadsanalyser er basert på beregninger der noen av parametrene er justert slik at verdiene blir høyere.

I en studie, som ble startet opp tidligere i år, vil VTI, sammen med TØI og Significance (Nederland), se nærmere på verdsetting av pålitelighet for gods på jernbane med utgangspunkt i lagerhold av varer. Tanken bak denne innfallsvinkelen er at jo mer usikker leveringstidspunktet er, jo større må reservelager av varer være for å sikre ett visst servicenivå. Ved å sammenlikne resultatene fra denne studien og data fra den svenske godsmodellen, resultater fra ulike case studier og de norske og nederlandske stated preference-undersøkelsene, vil det bli mulig å si mer om hvor stor den økonomiske nytteeffekten av mer pålitelig godstransport på jernbane blir.

## De norske stated preference-studiene

I tabell 1 presenteres de beregnede verdiene fra stated preference-studien som ble gjennomført blant kunder som frakter gods på jernbanen i PUSAM- prosjektet. Respondentene som ble intervjuet bestod hovedsaklig av samlastere som opererer på vegne av vareeierne. I tillegg deltok det noen få bedrifter, transportører og rederier, som sender sine egne varer og har direkte kontakt med togoperatøren CargoNet. Vi antar at samlasterne tar hensyn til sine kunders preferanser og at de ikke har noen direkte interesse av varene for sin egen skyld. Valgekspérimentene i studien var kun knyttet til jernbanedelen av transportkjeden.

Tabell 1. Enhetsverdier for spart framføringstid og forsinkelser, kroner pr time og kroner per tonntime på jernbane.

Enhetsverdi	Stykkegods	Partigods	Totalt
Tidsverdi per sending (kr/t)	404	113	192
Tidsverdi per tonn (kr/tonntime)	47	7	13
Forsinkelsesverdi per sending (kr/t)	2545	764	1245
Forsinkelsesverdi per tonn (kr/tonntime)	278	35	72

Ved beregning av enhetsverdiene har vi skilt mellom stykk- og partigods, noe som konsekvent resulterer i høyere verdier for framføringstid og pålitelighet for sendinger med stykkegods. For å finne verdien av alt gods under ett har vi vektet verdiene basert på statistikk mottatt fra CargoNet om det samlede godset som går på jernbane i Norge. Datautvalget er for lite til å beregne effektene av flere egenskaper ved sendingene samtidig.

Verdiene som presenteres i tabell 1 er betydelig høyere enn verdiene som tidligere er blitt brukt i Norge og som har blitt hentet ut fra den norske godsmodellen. Vi tror at dette i hovedsak kan forklares ved at godsmodellen kun tar hensyn til kostnadene ved at varene er utilgjengelig for bruk når det er under transport, og ikke kostnader som er relatert til reservelager av varer og andre effekter knyttet til interne logistikkostnader for vareeierne.

Det er også tidligere gjennomført en stated preference-studie knyttet til verdsetting av pålitelighet, der vi så på gods fraktet på både jernbane og vei (GUNVOR). I tabell 2 presenteres verdiene i denne studien etter at vi har gjennomført flere nye analyser. De nye analysene skiller seg fra de tidligere på tre punkter:

- Antar multiplikative feilledd i modellen, noe som gir betydelig modellforklaringskraft for de fleste beregningene.
- Verdiene for spart transporttid og pålitelighet måles i tonn per time for å gjøre resultatene sammenliknbare med verdiene i PUSAM (fordi definisjonen av en sending ikke er den samme i de to studiene).
- Det blir her tatt hensyn til leksikografiske svar<sup>1</sup> ved å se på hva respondenten har sagt at de har gjort og ikke hva de faktisk har gjort. Dette er også gjort for å gjøre de to studiene mer sammenliknbare.

<sup>1</sup> Dette vil si at attributtet som respondenten ikke tar hensyn til (i dette tilfellet transporttiden) blir eliminert. I det tredje valgekspérimentet (CE3) var det ikke mulig å gjøre dette, fordi den multiplikative modellspefisikasjonen da ikke ville fungere på bakgrunn av hvordan dette eksperimentet ble designet. Resultatene som er vist for valgekspériment CE3 er derfor uten utelatte attributter.

Tabell 2. Enhetsverdier for spart transporttid og pålitelighet fra Stated Preference-studien i GUNVOR, kr per tonn og 95% konfidensintervall

Eksperiment		GUNVOR-studien, veitransport	GUNVOR-studien, Jernbanetransport
Tidsverdi-eksperiment (CE1)	Tidsverdi (konfidensintervall)	11,9 (9-15)	26,7 (10-43)
	Justert rho-squared	0,302	0,295
	Antall respondenter	384	42
Variasjons-eksperiment (CE2)	Verdi av gjennomsnittstid (konfidensintervall)	14,1 (10-19)	23,9 (10-38)
	Verdi av standardavvik (konfidensintervall)	18,0 (9-27)	43,6 (16-71)
	Justert rho-squared	0,240	0,355
	Antall respondenter	335	38
Forsinkelses-eksperiment (CE3)	Forsinkelsesverdi (konfidensintervall)	49,7 (1-98)	89,4 (22-157)
	Justert rho-squared	0,032	0,161
	Antall respondenter	319	35

Vi vil understreke at resultatene fra de to undersøkelsene ikke er direkte sammenliknbare, ettersom det i GUNVOR dreier seg om hele transporten fra avsender til mottaker mens det i PUSAM dreier seg om kun jernbanetransporten. Hvis en skulle brukt GUNVOR-resultatene til å verdsette forsinkelser på jernbane måtte en i prinsippet hatt en måte å beregne jernbaneetappens bidrag til forsinkelsene ved endelig leveringssted på. For veitransport er dette noe mindre problematisk, ettersom veitransportene ofte består av kun én etappe.

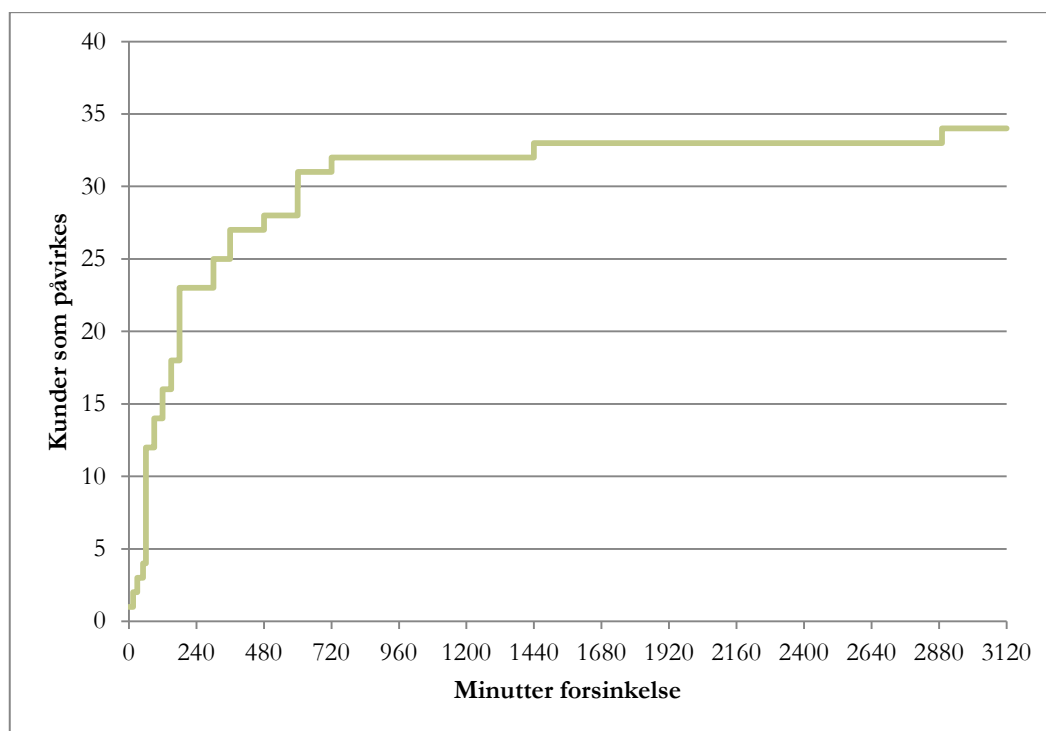
## Anvendelse og mulige svakheter

For å beregne den samfunnsøkonomiske effekten av endret pålitelighet må vi ha kjennskap til:

- Endring i forventet forsinkelse per tog til terminalene og
- Den totale mengden gods, fordelt på stykk- og partigods, som blir levert til de ulike terminalene i perioden vi ser på.

Ved å multiplisere enhetsverdiene i tabell 1 med mengde gods og endringer i forventet forsinkelse får vi endringen i samfunnsøkonomisk nytte knyttet til godset.

Som nevnt tidligere, kan antakelsen om at kostnadene øker lineært i takt med lengden på forsinkelsen være for restriktiv. I vår studie spurte vi respondentene om hvor stor en forsinkelse måtte være før den fikk konsekvenser for levering av godset. Fordelingen av denne kritiske grensen for de ulike bedriftene er vist i figur 1. Vi ser at for de fleste bedriftene får det konsekvenser hvis forsinkelsen overgår et par timer, men for noen bedrifter må forsinkelsen være betydelig større før det utgjør noen kostnad.



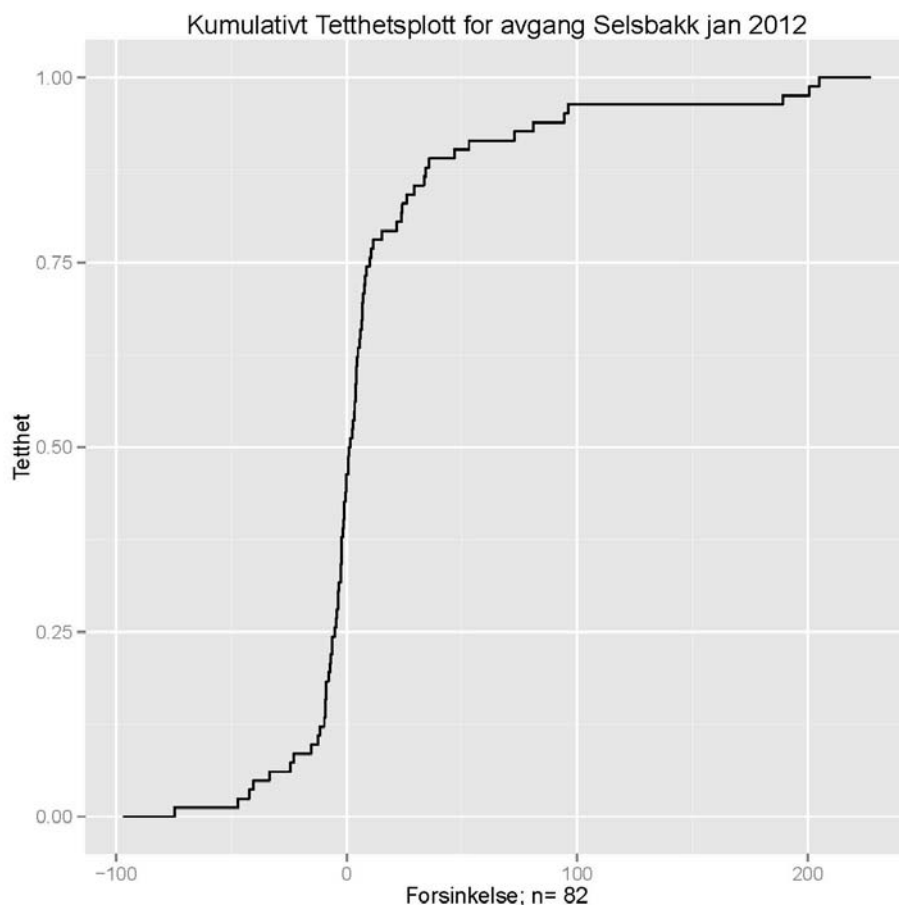
Figur 1: Fordeling av kritiske terskler for forsinkelse blant jernbanekunder i PUSAM-undersøkelse

Trolig er det slik at når den kritiske grensen overskrides, må bedriftene (samlasterne og kundene deres) endre planene for levering og eventuelt videre bruk av varene. Denne replanleggingen innebærer at kostnadene ikke nødvendigvis vil fortsette å stige når forsinkelsene fortsetter å øke utover den kritiske grensen. Kostnadene ved forsinkelser for den enkelte jernbanekunde vil i så fall kunne uttrykkes ved en trinnvis funksjon. For alle kundene under ett vil kostnadsfunksjonen framstå som en mer jevnt stigende kurve, antakelig konkav.

Resultatene fra de to SP-studiene viser en klar indikasjon på at den (relative) betalingsvilligheten for å unngå forsinkelser reduseres ved lengden på forsinkelsen. Vi velger allikevel å ikke ta hensyn til dette i verdsettingen av enhetsverdiene, siden både funksjonssammenhengen og parametrene blir veldig usikre. Isteden anbefaler vi at når våre beregninger knyttet til verdsetting av endringer i forventet forsinkelse skal brukes, bør man vurdere om lengden på forsinkelsene i jernbanesystemet som vi da ser på, er sammenliknbare med de vi opererer med i studien. I vår SP-studie knyttet til forsinkelse på jernbane, har omtrent en fjerdedel av valgsituasjonene forsinkelser på over fire timer mens veldig få forsinkelser er under 30 minutter.

Et annet poeng er at kostnader knyttet til veldig små forsinkelser er vanskelig å anslå fordi operatøren og kundene tilpasser seg slik at de har et visst slakk i forbindelse med planlagt leveringstid. Selv om det også er knyttet kostnader til å ha dette slakket, anbefaler vi at hvis en skal bruke våre resultater til å estimere nytten av økt pålitelighet, må dette gjøres med forsiktighet hvis de forsinkelsene en unngår eller reduserer bare er av veldig kort varighet i utgangspunktet.

I figur 2 viser vi fordelingen av faktisk ankomsttid for godstog in på Trondheim stasjon i januar 2012. Vi ser at blant de togene som normalt blir definert som forsinket (ut fra normale forhold mer enn 5-10 minutter forsinkelse), utgjør forsinkelser som er mindre enn en time den klart største andelen, men det er også en betydelig andel av togene som er mye mer forsinket.



Figur 2: Kumulativ sannsynlighetsfordeling over faktiske forsinkelser til Trondheim i punktlighetsdata fra Jernbaneløst – data for januar. Minutter forsinkelse.

## Nytte av økt pålitelighet knyttet til lavere transportkostnader

I denne rapporten har vi i hovedsak fokusert på verdien av pålitelighet knyttet til levering av varene ved å gjennomføre en spørreundersøkelse blant samlastere, transportører og rederier. Samtidig er det naturlig å anta at i tillegg til brukerne av jernbanen, vil også operatørene oppleve endrede kostnader når påliteligheten påvirkes. Redusert usikkerhet gjør at jernbaneoperatørene kan redusere noen av sine kostnader, som igjen gir lavere transportkostnader som fører til enten lavere priser eller økt fortjeneste (eller begge deler).

Det hadde vært hensiktsmessig hvis operatørens nytte av redusert usikkerhet kunne blitt verdsatt ved hjelp av enhetsverdier knyttet opp til pålitelighet, for eksempel forventet forsinkelse per tog. Dette virker hensiktsmessig for noen typer av kostnader. For kostnader knyttet til forebyggende tiltak er ikke dette like enkelt. Dette er kostnader som operatøren påtar seg selv for å kunne sikre ett visst nivå på påliteligheten overfor sine kunder. Denne kostnaden kunne vært redusert hvis infrastrukturen var mer pålitelig. Disse kostnadene er vanskelig å relatere til den

observerte usikkerheten, fordi den ene kostnaden kan øke, mens den andre synker og vice versa.

Vi kan dele togoperatørens kostnadskomponenter i fire:

1. Kostnader knyttet til personell, spesielt lokførere
2. Kostnader knyttet til erstatningstransport
3. Kostnader knyttet til administrasjon
4. Kostnader knyttet til reservemateriell

De tre første kostnadskomponentene kan relativt enkelt beregnes og knyttes til størrelsen på forsinkelsene. Den fjerde kostnadskomponenten er på den ene siden et eksempel på kostnader som operatøren betaler for å sikre et visst nivå på påliteligheten. På den andre siden, er behovet for reservemateriell også relatert til den faktiske påliteligheten som observeres. Det er dog ikke helt klart på hvilket nivå påliteligheten må være for at kostnader knyttet til reservemateriell kan reduseres.

## **Anbefalinger**

I vår studie er de korte forsinkelsene lavt representert i valgekspérimentene, sett i forhold til hvor vanlig de er i virkeligheten. Studien er derfor ikke så god til å si noe om kostnadene av små forsinkelser. Siden togoperatørene har tilpasset seg slik at de har en viss tidsmargin mellom planlagt ankomstid for toget og leveringstidspunkt som er avtalt med kunden, er det nok slik at små forsinkelser har lite å si for kundene. Det betyr likevel ikke at de korte forsinkelsene er uten kostnad. Hvis en kunne unngått dem i større grad kunne en ha redusert denne sikkerhetsmarginen eller redusert den planlagte kjøretiden.

I de fleste tilfeller vil en forbedring av påliteligheten på en godsstrekning føre til at omfanget av både de korte og de lange forsinkelsene blir redusert. Hvis en bare tilskriver en nytte til det å bli kvitt de lange forsinkelsene, vil det være en konservativ innfallsvinkel ettersom en da ikke tar hensyn til nytten av økt slakk. Hvis de korte forsinkelsene dominerer kraftig, bør en imidlertid være forsiktig med å bruke våre resultater til å verdsette reduksjoner i disse. Våre foreløpige anbefalinger for verdsetting av pålitelighet for transport av gods er:

- Nyttens av å bli kvitt en godstogforsinkelse til endestasjon som er på mindre enn fem minutter bør ikke tallfestes med våre enhetsverdier. Med forsinkelse mener vi her togets forsinkelse ved ankomst.
- Dersom de korte forsinkelsene (5-15 minutter) dominerer kraftig, bør verdiene brukes med forsiktighet
- En bør se nærmere på hvordan en kan verdsette endringer i mengden slakk

Disse anbefalingene bygger på at det foreløpig er gjort for lite forskning på effekten av små forsinkelser av godstransport på jernbane. Den kunnskapen og det verktøyet vi har i dag, er ikke bra nok til at vi føler det komfortabelt å komme med anbefalinger for små forsinkelser. Det betyr ikke at små forsinkelser ikke har en kostnad. Vi tror tvert i mot at de er en viktig del av problemene knyttet til pålitelighet som jernbanetransporten opplever i dag.

En annen viktig presisering er at en ikke kan verdsette endringer i forsinkelser underveis på strekningen direkte – en må se på sammenhengen mellom forsinkelse underveis og til terminal og ta hensyn til at noen tog klarer å kjøre inn en del av tidstapet. Samtidig vil vi påpeke at selv om en forbedring i påliteligheten underveis på strekningen ikke vises ved en like stor forbedring ved ankomst, betyr det ikke at resten av forbedringen er verdiløs. En har nemlig fått mer slakk i ruteplanen, noe som utgjør en nytte som på sikt også bør tallfestes. Det kan også tenkes at påliteligheten har direkte påvirkning på andre tog som kjører på samme strekning

Avslutningsvis vil vi nevne at det å beregne nytten av pålitelighet i samfunnsøkonomiske analyser for både person- og godstransport og for alle transportformer er et felt med betydelig potensial og behov for videre forskning. For at disse gevinstene skal kunne inkluderes i den norske metodikken for nyttekostnadsanalyser på en faglig godt fundert måte er det flere temaer som det bør forskes videre på. Vi presiserer dette nærmere i oppsummeringskapittelet i rapporten. Det viktigste temaet er trolig metoder for å beregne endringer i pålitelighet som følge av infrastrukturtiltak. Helst bør en også ta hensyn til virkningen av pålitelighet på kundens etterspørsel etter transporttjenester. Videre bør en sammenlikne ulike mål på pålitelighet, hvordan dette påvirker resultatene og hvilke mål som passer best med observert adferd, og se nærmere på betydningen av slakk.